

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 694 641**

51 Int. Cl.:

C23C 22/06 (2006.01)

C23G 1/08 (2006.01)

C02F 5/10 (2006.01)

C11D 7/26 (2006.01)

C23F 11/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.05.2016 E 16171071 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018 EP 3249076**

54 Título: **Productos para el tratamiento preventivo del acero inoxidable y métodos relacionados**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.12.2018

73 Titular/es:

**TECHNOCHIM SA (100.0%)
Avenue des Artisans 36
7822 Ghislenghien, BE**

72 Inventor/es:

**GROULARD, FRÉDÉRIC y
TOSAR, FRANÇOIS**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 694 641 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Productos para el tratamiento preventivo del acero inoxidable y métodos relacionados

5 Campo de la invención

En el presente documento se proporciona una solución reductora para prevenir la formación de herrumbre en acero inoxidable, dicha solución comprende aniones complejantes, Fe^{2+} , y, opcionalmente, uno o más modificadores de pH. Se proporcionan además métodos para fabricar dicha solución, métodos para la prevención de la formación de herrumbre en superficies de acero inoxidable, y usos relacionados de la solución reductora anteriormente mencionada.

Antecedentes

Se han preparado varias aleaciones de hierro a lo largo de los años. Una de las aleaciones de hierro más comunes es acero, que en general comprende del 0,2 al 2,1% en peso (porcentaje en peso total) de carbono además de hierro. Se añade carbono como un agente endurecedor, es decir, su adición hace el acero más duro que el hierro.

El hierro y el acero tienden a oxidarse en muchas condiciones prácticas, formando mediante ello óxidos de hierro o hierro-cromo. La oxidación de piezas de estructura de hierro o acero con frecuencia es indeseable debido a la degradación resultante de las propiedades mecánicas, y debido a un aspecto visual degradado. Para reducir la susceptibilidad de las aleaciones de hierro a la corrosión, comúnmente se introducen elementos adicionales a las aleaciones. Una variedad de aleaciones de hierro es el acero inoxidable que comprende al menos el 10,5% de cromo en peso. Este contenido en cromo corresponde a la cantidad mínima requerida para formar una capa pasiva en la superficie del acero en condiciones atmosféricas. Además de cromo, elementos adicionales encontrados con frecuencia en aceros inoxidables son Ni y Mo. Su fin es mejorar más la resistencia a la corrosión. Los aceros inoxidables se caracterizan por una capa de superficie muy fina y estable llamada una capa pasiva. La capa pasiva es rica en óxido de cromo y en general tiene un espesor de 1 a 5 nm. Consiste en aproximadamente el 70% en peso de óxido de cromo y el 30% en peso de óxido de hierro. El óxido de cromo es termodinámicamente estable y químicamente inerte en condiciones atmosféricas, y la capa pasiva rica en óxido de cromo es no permeable para la mayoría de los agentes oxidantes que podrían iniciar la corrosión. Sin embargo, la corrosión de esta capa pasiva se produce, no obstante, en condiciones específicas que comúnmente se producen en la industria farmacéutica. En particular, se observa con frecuencia en la industria farmacéutica que las superficies de acero inoxidable tienden a desarrollar una capa de superficie espesa de roja a negra (herrumbre [rouging]) tras el contacto con agua caliente (por encima de 50°C) (vapor o líquido) que tiene una conductividad de menos de $1 \mu S/cm^2$. Por ejemplo, las superficies del equipo de agua para inyección inspeccionadas después de 6 a 18 meses con frecuencia muestran los denominados efectos de herrumbre, es decir, la presencia de una concentración aumentada de óxido de hierro en la superficie. Aparte de óxido de hierro, también están presentes óxidos metálicos mezclados tal como óxidos metálicos mezclados de hierro-cromo-níquel.

La causa de la herrumbre no se conoce bien todavía. La herrumbre presenta un peligro en la industria farmacéutica ya que lleva a la liberación de partículas de óxido de metales pesados de la superficie del acero inoxidable. Esto implica el peligro de contaminación indeseada de los fármacos con partículas de metales pesados, y, por tanto, la herrumbre afecta de forma negativa la pureza y calidad de los productos producidos y/o procesados. Además, la herrumbre aumenta la microrrugosidad de las superficies de acero inoxidable afectadas.

Debido a los efectos perjudiciales de la herrumbre, se han dirigido grandes esfuerzos a la eliminación de la herrumbre. Por ejemplo, el documento WO2009095475 describe un método para el tratamiento de capas de hierro oxidado espesas (herrumbre) en superficies de acero inoxidable (AISI 316L). El método hace uso de una solución reductora que consiste en una solución al 0,25% recién preparada de ditionito de sodio sólido en agua que comprende además sal sódica del ácido 2-fosfobutano-1,2,4-tricarboxílico (PBC-Na4) al 0,5%, iminodisuccinato de tetrasodio al 0,25%, oxalato de potasio al 0,05%, y el 0,1% de tampón hidrogenocarbonato de sodio/ácido carbónico. Se reivindica que el uso de esta solución reductora poniendo en contacto la superficie de acero inoxidable oxidada con ella elimina por completo la herrumbre de la superficie de acero inoxidable. Una presentación del inventor del documento WO2009095475 (herrumbre y decapado de acero inoxidable, Marc Vermier, EE UU, Octubre 2009, retirada del sitio web www.ultracleanep.com) muestra claramente que el aspecto del acero inoxidable obtenido después del decapado con frecuencia presenta todavía un velo negro. Además, el uso de ditionito de sodio está restringido a condiciones sin oxígeno ya que el ditionito de sodio se oxida fácilmente. Como resultado, se necesita realizar la limpieza en una atmósfera inerte que no es conveniente. Además, el método anteriormente mencionado solamente proporciona un tratamiento curativo para la herrumbre. Sería más deseable prevenir la herrumbre del todo.

Compendio de la invención

Los objetivos anteriores se logran mediante los métodos según la presente invención. Es decir, la presente invención se refiere a tratamientos de acero inoxidable para prevenir la herrumbre, sus usos, a productos relacionados, y a métodos para fabricar esos productos.

Según esto, se proporcionan en el presente documento soluciones reductoras y métodos relacionados y usos según las reivindicaciones adjuntas. Además:

5 En un aspecto, se proporciona en el presente documento una solución reductora para prevenir la formación de herrumbre en acero inoxidable, dicha solución comprende:

- desde $5,0 \times 10^{-3}$ a $1,0 \times 10^{-1}$ mol/l, preferiblemente desde $1,0 \times 10^{-2}$ a 5×10^{-2} mol/l, más preferiblemente $2,0 \times 10^{-2}$ mol/l de uno o más aniones complejantes;
- desde $1,35 \times 10^{-5}$ a $9,0 \times 10^{-5}$ mol/l de Fe^{2+} , preferiblemente $5,0 \times 10^{-5}$ mol/l de Fe^{2+} ;
- 10 - opcionalmente, uno o más modificadores de pH; y, caracterizada en que la solución reductora tiene un pH desde 2,0 a 4,5.

En algunas formas de realización, dicho uno o más aniones complejantes comprenden oxalato.

15 En algunas formas de realización, la solución reductora tiene un pH de 2 a 4, más preferiblemente de 2,6 a 3,2, lo más preferiblemente desde 2,8 a 3,2, incluso más preferiblemente desde 2,8 a 3,0.

En algunas formas de realización, el uno o más modificadores de pH son una o más bases, la una o más bases preferiblemente seleccionadas de la lista que comprende NH_3 y NH_4OH .

20 En algunas formas de realización, la solución reductora no comprende ácido cítrico.

En un aspecto adicional, se divulga en el presente documento un método para fabricar una solución reductora proporcionada en el presente documento, el método comprende la etapa de:

- 25 - mezclar agua, un ácido complejante y/o sales del mismo, una sal ferrosa soluble en agua, y opcionalmente uno o más modificadores de pH.

30 En algunas formas de realización, el ácido complejante y/o sales del mismo comprenden ácido oxálico y/o sales del mismo.

En un aspecto adicional, se divulga en el presente documento un proceso para prevenir la formación de herrumbre en sustratos de acero inoxidable, que comprende la etapa de: poner en contacto el sustrato de acero inoxidable con una solución reductora proporcionada en el presente documento. En algunas formas de realización, la solución reductora y/o el sustrato tiene una temperatura de 50 a 95°C, preferiblemente de 70 a 90°C, y más preferiblemente de 80 a 90°C durante el contacto.

40 En algunas formas de realización, el tiempo de contacto del sustrato con la solución reductora es desde 0,50 horas a 8 horas, preferiblemente desde 0,50 horas a 4 horas, preferiblemente desde 0,50 horas a 2 horas, más preferiblemente desde 0,75 horas a 1,5 horas.

Preferiblemente, el método comprende la etapa de poner en contacto el sustrato de acero inoxidable con la solución reductora de una forma recurrente; la frecuencia de poner en contacto es preferiblemente desde una etapa de poner en contacto por ciclo de proceso y una etapa de poner en contacto cada 20 ciclos de proceso, más preferiblemente la frecuencia de poner en contacto es entre una etapa de poner en contacto cada cinco ciclos de proceso y una etapa de poner en contacto cada diez ciclos de proceso.

50 En algunas formas de realización, el sustrato de acero inoxidable se expone a un fluido acuoso que tiene una conductividad menor de $1 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ entre los sucesivos sucesos de poner en contacto.

En algunas formas de realización, poner en contacto se realiza por inmersión, enjuague o rociado.

55 En un aspecto adicional, se proporciona en el presente documento el uso de una solución reductora proporcionada en el presente documento para la eliminación de la herrumbre en superficies de acero inoxidable.

Descripción detallada

60 La presente invención se describirá con respecto a formas de realización particulares, pero la invención no está limitada a las mismas sino solo por las reivindicaciones.

Como se usa en el presente documento, y a menos que se proporcione de otra manera, el término "sustrato" a que se hace referencia en los diferentes aspectos de la presente invención es un sustrato de hierro o aleación de hierro. Preferiblemente es un sustrato de acero inoxidable. Por ejemplo, es un acero de CrNi o uno de CrNiMo. Los ejemplos de aceros de CrNi y CrNiMo son aceros de grados AISI 304 (1.4301), AISI 304L (1.4307, 1.4306), AISI 316 (1.4401), AISI 316L (1.4404, 1.4435), AISI316Ti (1.4571), o AISI 904L (1.4539) [*1.xxxx = según DIN 10027-2].

Como se usa en el presente documento y a menos que se indique de otra manera, el término "óxido de metal" se refiere a óxidos y/o hidróxidos de hierro (II) y/o hierro (III), herrumbre (tal como herrumbre de clase I, herrumbre de clase II o herrumbre de clase III), y/o espinelas tal como óxidos de hierro (II-III) en donde opcionalmente parte de los átomos de hierro están sustituidos por átomos de cromo, níquel, molibdeno y/o silicio.

Algunos aspectos de la presente invención se refieren a una nueva solución reductora y su uso, y a un método que usa dicha nueva solución reductora, preferiblemente para el tratamiento de superficies de acero inoxidable para prevenir la herrumbre. Los ejemplos de sustratos de acero inoxidable que se pueden limpiar según aspectos de la presente invención son cubas mezcladoras, contenedores de almacenamiento, fermentadores, vasos receptores, secadoras, máquinas de llenado, recipientes de esterilización, liofilizadores, autoclaves, lavadoras, generadores de agua ultrapura, generadores de vapor ultrapuro, líneas de distribución para fluidos purificados o ultrapuros, entre otros. La herrumbre corresponde a la formación de una capa de óxido metálico en superficies de acero inoxidable que puede resultar del contacto elaborado de un sustrato con un fluido acuoso ultralimpio. Esto es específicamente válido a altas temperaturas (por ejemplo, por encima de 50°C). Los óxidos de metal pueden comprender óxidos y/o hidróxidos de hierro con algunos átomos de hierro sustituidos por cromo o níquel. Como se ha explicado anteriormente, la herrumbre es desventajosa por una variedad de razones. Según esto, evitar la herrumbre es deseable.

En un aspecto, en el presente documento se proporciona una solución reductora para prevenir la formación de herrumbre en acero inoxidable. La solución típicamente comprende uno o más iones complejantes y Fe^{2+} . Preferiblemente, la solución comprende

- de $5,0 \times 10^{-3}$ a $1,0 \times 10^{-1}$ mol/l de uno o más aniones complejantes;
 - de $1,35 \times 10^{-5}$ a $9,0 \times 10^{-5}$ mol/l de Fe^{2+} ; y
- caracterizada en que la solución reductora tiene un pH de 2,0 a 4,5.

Preferiblemente, la solución reductora es una solución acuosa. Preferiblemente, la solución reductora comprende uno o más aniones complejantes en una concentración de $1,0 \times 10^{-2}$ a 5×10^{-2} mol/l. Más preferiblemente, la solución reductora comprende el uno o más aniones complejantes en una concentración de $2,0 \times 10^{-2}$ mol/l.

Preferiblemente, la solución reductora comprende $5,0 \times 10^{-5}$ mol/l de Fe^{2+} .

Opcionalmente, la solución reductora comprende uno o más modificadores de pH.

En algunas formas de realización, los aniones complejantes corresponden a las bases conjugadas de ácidos policarboxílicos orgánicos. Preferiblemente, los ácidos policarboxílicos orgánicos se seleccionan de ácidos dicarboxílicos y ácidos tricarboxílicos (por ejemplo, ácido oxálico, ácido cítrico, ácido tartárico, ácido maleico, ácido fumárico, ácido adípico, ácido succínico, y mezclas de los mismos). Preferiblemente, el uno o más aniones complejantes comprenden oxalato. En una forma de realización, la solución reductora comprende oxalato y no comprende citrato y/o ascorbato.

En algunas formas de realización, el anión complejante se añade como una sal. En algunas formas de realización, el anión complejante se añade como un ácido.

En algunas formas de realización, cuando el anión complejante se añade como una sal, el contraión es preferiblemente amonio. En algunas formas de realización, el anión complejante se añade como oxalato de amonio.

Tales soluciones reductoras son muy eficaces para prevenir la formación de herrumbre en superficies de acero inoxidable.

En algunas formas de realización, el uno o más ácidos complejantes comprenden ácido oxálico. Esto puede mejorar la eficacia de la prevención de herrumbre por medio de la solución reductora proporcionada en el presente documento. En particular, el ácido oxálico tiene muchas ventajas. Una de sus ventajas es su bajo coste. Además, el ácido oxálico es relativamente no tóxico, y tiene un impacto relativamente bajo en el medio ambiente. Además, el ácido oxálico es muy eficaz para uso en tratamientos preventivos de herrumbre, y el ácido oxálico se puede disolver fácilmente en agua.

En algunas formas de realización, la solución reductora tiene un pH de 2 a 4, más preferiblemente de 2,8 a 3,0. Esto puede mejorar la eficacia de la prevención de la herrumbre por medio de la solución reductora proporcionada en el presente documento.

En algunas formas de realización, cuando la solución reductora no comprende un modificador de pH, el pH de la solución reductora es aproximadamente 1,7. Preferiblemente, la solución reductora comprende una cantidad de modificador de pH que está adaptada para llevar la solución reductora a un pH entre 2,8 y 3,0. Esto aumenta la eficacia del tratamiento preventivo.

En algunas formas de realización, dicho uno o más modificadores de pH son una o más bases, la una o más preferiblemente seleccionadas de la lista que comprende NH_3 y NH_4OH . Esto puede mejorar la eficacia de la prevención de la herrumbre por medio de la solución reductora proporcionada en el presente documento.

- 5 En algunas formas de realización, la solución reductora no comprende ácido cítrico. Esto puede mejorar la eficacia de la prevención de la herrumbre por medio de la solución reductora proporcionada en el presente documento.

10 En un aspecto adicional, la presente divulgación se refiere a un método para fabricar una solución reductora proporcionada en el presente documento. El método comprende la etapa de: mezclar agua, un ácido complejante y/o sales del mismo, una sal ferrosa soluble en agua, y opcionalmente uno o más modificadores de pH. Según esto, se obtiene una solución reductora proporcionada en el presente documento de una manera eficaz.

15 La formación de herrumbre en superficies de acero inoxidable se puede evitar de forma eficaz por medio de soluciones fabricadas por este método.

Preferiblemente, el método comprende la etapa de: mezclar agua, ácido oxálico y/o sales del mismo, una sal ferrosa soluble en agua, y uno o más modificadores de pH. Según esto, una solución reductora proporcionada en el presente documento se obtiene fácilmente.

- 20 En algunas formas de realización, se introduce Fe^{2+} en la solución a través de una fuente inorgánica u orgánica de Fe(II) , la fuente de hierro es soluble en agua.

25 Los ejemplos de sales de hierro inorgánicas que se pueden usar como una fuente de Fe(II) son sulfato-6-hidrato de amonio hierro (II), sulfato de hierro (II), cloruro de hierro (II), fluoruro de hierro (II), y tetrafluoroborato de hierro (II), entre otras.

Los ejemplos de compuestos orgánicos que se pueden usar como una fuente de hierro (II) son acetato de hierro (II), gluconato de hierro (II), metóxido de hierro (II), y oxalato de hierro (II), entre otros.

- 30 Una vez los varios componentes de la solución enumerados anteriormente se mezclan, el pH de la solución puede estar por debajo del pH objetivo. Para llevar el pH a su valor objetivo, se pueden añadir uno o más modificadores de pH a la solución. Estos uno o más modificadores de pH pueden ser bases. Por ejemplo, se pueden usar amoniaco (NH_3) o NH_4OH .

35 En un aspecto adicional, se proporciona en el presente documento un proceso para prevenir la formación de herrumbre en sustratos de acero inoxidable, que comprende la etapa de: poner en contacto el sustrato de acero inoxidable con una solución reductora proporcionada en el presente documento. Según esto, la formación de herrumbre en superficies de acero inoxidable se puede prevenir de forma muy eficaz. En particular, tal proceso tiene la ventaja de que el tratamiento preventivo se puede ejecutar en presencia de oxígeno atmosférico. En formas de realización particulares, la etapa de poner en contacto anterior se ejecuta después de un cierto tiempo de procesamiento, el procesamiento implica poner en contacto acero inoxidable con un fluido acuoso que tiene una conductividad de menos de $1 \mu\text{S}/\text{cm}^2$, por ejemplo, a una temperatura de 50°C . Un cierto tiempo puede ser, por ejemplo, 1, 2, 3, 4 o más días. Después del tratamiento preventivo, el procesamiento puede seguir otra vez durante un cierto tiempo, por ejemplo, durante 1, 2, 3, 4, o más días, hasta que el tratamiento preventivo proporcionado en el presente documento se repite. La alternancia de procesamiento y tratamiento preventivo proporcionado en el presente documento se puede repetir numerosas veces. En general, el proceso se repite después de una cantidad predeterminada de ciclos de proceso, más que después de una cantidad predeterminada de tiempo.

50 Según esto, en algunas formas de realización, el proceso comprende la etapa de poner en contacto el sustrato de acero inoxidable con la solución reductora de forma recurrente; la frecuencia de poner en contacto preferiblemente es entre una etapa de poner en contacto por ciclo de proceso y una etapa de poner en contacto cada 20 ciclos de proceso, más preferiblemente la frecuencia de poner en contacto es entre una etapa de poner en contacto cada cinco ciclos de proceso y una etapa de poner en contacto cada diez ciclos de proceso.

- 55 En algunas formas de realización, el proceso comprende además la etapa de poner en contacto el sustrato de acero inoxidable con una solución detergente acuosa después de cada ciclo de proceso.

60 Preferiblemente, el proceso comprende las etapas de enjuagar el sustrato de acero inoxidable después de cada ciclo de proceso. Preferiblemente las etapas de enjuagar implican enjuagar el sustrato de acero inoxidable con una solución acuosa. Preferiblemente, la solución acuosa es una solución detergente acuosa.

65 En algunas formas de realización, la solución reductora y/o el sustrato tiene una temperatura de 50 a 95°C , preferiblemente de 70 a 90°C , y más preferiblemente de 80 a 90°C durante el contacto. Preferiblemente tanto la solución reductora como el sustrato tienen una temperatura de 50 a 95°C , preferiblemente de 70 a 90°C , e incluso más preferiblemente de 80 a 90°C durante el contacto. Según esto, la herrumbre de las superficies de acero inoxidable se puede prevenir de forma muy eficaz. Estas temperaturas permiten que los tratamientos preventivos eficaces

contrarresten la herrumbre. Los intervalos preferidos corresponden a condiciones de proceso que dan tratamientos más eficaces y más rápidos.

5 En algunas formas de realización, el tiempo de contacto del sustrato con la solución reductora es desde 0,50 horas a 8 horas, preferiblemente desde 0,50 horas a 4 horas, preferiblemente desde 0,50 horas a 2 horas, más preferiblemente desde 0,75 horas a 1,5 horas. El tiempo de contacto es el tiempo durante el cual la solución reductora proporcionada en el presente documento y el sustrato están en contacto durante un único tratamiento preventivo. Según esto, la herrumbre de las superficies de acero inoxidable se puede prevenir de forma muy eficaz.

10 En algunas formas de realización, el sustrato de acero inoxidable se expone a un fluido acuoso que tiene una conductividad menor de $1 \mu\text{S}/\text{cm}^2$ entre los sucesivos sucesos de poner en contacto. Tal exposición puede producir herrumbre en las superficies de acero inoxidable. Poner en contacto la superficie de acero inoxidable con soluciones proporcionadas en el presente documento es eficaz para prevenir la formación de herrumbre.

15 En algunas formas de realización, poner en contacto se realiza por inmersión, enjuague o rociado. Estas son maneras muy eficaces de poner en contacto.

20 En un aspecto adicional, se proporciona en el presente documento el uso de una solución reductora proporcionada en el presente documento para la prevención de la formación de herrumbre en superficies de acero inoxidable. Esto permite la prevención muy eficaz de la formación de herrumbre en superficies de acero inoxidable.

Ejemplos

Ejemplo 1

25 En un primer ejemplo, se proporciona una solución reductora ejemplar. La solución reductora es una solución acuosa que comprende iones oxalato en una concentración de $2,0 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$, iones Fe^{2+} en una concentración de $5,0 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$, y una cantidad de NH_4OH adaptada para llevar el pH de la solución reductora a 2,9.

Ejemplo 2

35 En un ejemplo adicional, se discute un proceso para el mantenimiento preventivo de equipo de acero inoxidable para la fabricación por lotes de vacunas. Después de cada proceso en lotes, el equipo de fabricación, que incluye recipientes y líneas de transferencia, se limpia usando agua y detergentes. Cada diez procesos en lote, el equipo se trata de forma preventiva usando una solución reductora según el ejemplo 1. Después del tratamiento con la solución reductora, los recipientes y líneas de transferencia del equipo se enjuagan usando agua.

REIVINDICACIONES

1. Una solución reductora para prevenir la formación de herrumbre en acero inoxidable, dicha solución comprende:
 - 5 - desde $5,0 \times 10^{-3}$ a $1,0 \times 10^{-1}$ mol/l, preferiblemente desde $1,0 \times 10^{-2}$ a 5×10^{-2} mol/l, más preferiblemente $2,0 \times 10^{-2}$ mol/l de uno o más aniones complejantes
 - desde $1,35 \times 10^{-5}$ a $9,0 \times 10^{-5}$ mol/l de Fe^{2+} , preferiblemente $5,0 \times 10^{-5}$ mol/l de Fe^{2+} ; y
 - opcionalmente, uno o más modificadores de pH; y
- 10 **caracterizada en que** la solución reductora tiene un pH desde 2,0 a 4,5.
2. La solución reductora según la reivindicación 1, en donde dicho uno o más aniones complejantes comprenden oxalato.
- 15 3. La solución reductora según la reivindicación 1 o 2, en donde la solución reductora tiene un pH de 2 a 4, más preferiblemente de 2,6 a 3,2, lo más preferiblemente de 2,8 a 3,2, incluso más preferiblemente de 2,8 a 3,0.
4. La solución reductora según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde dicho uno o más modificadores de pH son una o más bases preferiblemente seleccionadas de la lista que comprende NH_3 y NH_4OH .
- 20 5. La solución reductora según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 que no comprende ácido cítrico.
6. Un método para fabricar una solución reductora según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 que comprende la etapa de:
 - 25 - mezclar agua, un ácido complejante y/o sales del mismo, una sal ferrosa soluble en agua, y opcionalmente uno o más modificadores de pH.
- 30 7. El método según la reivindicación 6 en donde el ácido complejante y/o las sales del mismo comprenden ácido oxálico y/o sales del mismo.
8. Un proceso para prevenir la formación de herrumbre en sustratos de acero inoxidable, que comprende la etapa de: poner en contacto el sustrato de acero inoxidable con una solución reductora según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.
- 35 9. El proceso según la reivindicación 8 en donde la solución reductora y/o el sustrato tiene una temperatura de 50 a 95°C, preferiblemente de 70 a 90°C, y más preferiblemente de 80 a 90°C durante el contacto.
- 40 10. El proceso según la reivindicación 8 o 9 en donde el tiempo de contacto del sustrato con la solución reductora es desde 0,50 horas a 8 horas, preferiblemente desde 0,50 horas a 4 horas, preferiblemente desde 0,50 horas a 2 horas, más preferiblemente desde 0,75 horas a 1,5 horas.
- 45 11. El proceso según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10 que comprende la etapa de poner en contacto el sustrato de acero inoxidable con la solución reductora de forma recurrente; la frecuencia de poner en contacto preferiblemente es entre una etapa de poner en contacto por ciclo de proceso y una etapa de poner en contacto cada 20 ciclos de proceso, más preferiblemente la frecuencia de poner en contacto es entre una etapa de poner en contacto cada cinco ciclos de proceso y una etapa de poner en contacto cada diez ciclos de proceso.
- 50 12. El proceso según la reivindicación 11 en donde entre los sucesivos sucesos de poner en contacto, el sustrato de acero inoxidable se expone a un fluido acuoso que tiene una conductividad menor de $1 \mu\text{S}/\text{cm}^2$.
13. El proceso según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12 en donde el poner en contacto se realiza por inmersión, enjuague o rociado.
- 55 14. Uso de una solución según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 para la eliminación de herrumbre de superficies de acero inoxidable.